Aus dem Strahlen-Institut (Prof. Dr. Voltz)
der Universitäts-Frauenklinik München
(Vorstand: Professor Dr. H. Eymer).

# Einfluß der Luft- und Bodenradioaktivität auf das biologische Geschehen.

## (Ein Beitrag zum Wirkungsmechanismus der radioaktiven Strahlungen.)

**Inaugural-Dissertation**

zur

Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin

verfaßt und der

**Hohen Medizinischen Fakultät**

der

**Ludwig-Maximilians-Universität zu München**

vorgelegt von

**Rolf Scheibeck**

aus München.

1938

Dissertationsverlag Karl J. Triltsch, Würzburg.

Gedruckt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität München

Prof. Dr. H. Eymer.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Meinen lieben Eltern
in Dankbarkeit gewidmet!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548309_0158

*Plan:*

*Einfluß der Luft- und Bodenradioaktivität auf das biologische Geschehen.*

Einleitung.

Einfluß der Luftradioaktivität auf das biologische Geschehen.
Einfluß auf Tiere und Menschen.
Einfluß auf Pflanzen.

Einfluß der Bodenradioaktivität auf das biologische Geschehen.
Einfluß auf Tiere und Menschen.
Einfluß auf Pflanzen.

Einfluß der Wasserradioaktivität auf das biologische Geschehen.
Einfluß auf Tiere und Menschen.
Einfluß auf Pflanzen.

Zusammenfassendes über die ganze Abhandlung.

Immer mehr rückt der Einfluß der Radioaktivität auf die biologische Welt in den Mittelpunkt des Interesses der ärztlichen Forschung. Dabei ist es natürlich ganz besonders die Luft- und Bodenradioaktivität, die dabei Beachtung findet, da nachzuweisen ist, ob sie in ursächlichen Zusammenhang mit der Entstehung von Krankheiten gebracht werden kann. Heute schon gilt als feststehende Tatsache, daß der endemische Krebs seine Ursache in der ständigen Reizung des menschlichen Organismus durch Bodenradioaktivität hat, wenn auch seine, vielleicht erbliche Disposition hierzu als weiterer Entstehungsfaktor hinzutritt. Leider ist bisher nicht viel Beweisendes über Erkrankungen durch Radioakivität bekannt und so hat mir Herr Professor V o l t z, von dessen diesbezüglichen Arbeiten später die Rede sein soll, die Aufgabe gestellt, aus der vorhandenen Literatur den Einfluß von Luft- und Bodenradioaktivität auf das biologische Geschehen nachzuweisen.

Das Radium spielt nun in der Therapie schon seit langem eine überaus große Rolle und es wurden, besonders für den Laien, geradezu wunderbare Erfolge bei der Behandlung von sehr vielen Arten von Krankheiten erzielt. Dadurch begannen auch nicht dazu berufene Kreise sich mehr und mehr für die Radioaktivität aller hierfür möglichen und oft auch unmöglichen Stoffe zu interessieren. Von geschäftstüchtigen Leuten wurde der unglaublichste Kram als radioaktiv und natürlich dann auch als Allheilmittel angepriesen. Ketten und Amulette werden heute noch als radioaktive Schutzmittel gegen Krebs verkauft. Aber nicht nur mit selbst radioaktiven Dingen wurde große Reklame gemacht, sondern auch gegen die Erdstrahlen und hier wieder insbesondere gegen die durch Radioaktivität des Bodens hervorgerufenen machte man einen großen Feldzug. Ungeheure Summen wurden damals für die sogenannten Abschirmapparate ausgegeben und sogar der Staat ging daran, seine besonders von Erdstrahlen bedrohten Gebäude unter riesigem Kostenaufwand abzuschirmen. Ein Beispiel hiefür ist das Odeon in München. Grundstücksverkäufer erzählen, daß es ihnen in dieser „Blütezeit der Erdstrahlen" oft nur möglich war, ein Baugelände zu verkaufen, wenn von einem Rutengänger ein Attest vorhanden war, wonach das Grundstück frei von schädlichen Erdstrahlen sei.

Für alles darf man nun die Radioaktivität nicht heranziehen, wenn auch nicht geleugnet werden kann, daß oft mehrere Leute an ein und demselben Orte unabhängig voneinander an denselben Krankheitssymptomen, wie Kopfschmerzen, Übelkeit, Schwindelgefühl, leiden und daß z. B. Bettnässer nach Verschieben des Bettes an einen an-

deren Platz — Olpp behauptet in seinem Artikel: „Ein Wünschelrutenfähiger aus Ostafrika", daß schon einige Meter genügten — von diesem Übel befreit sind. Ob allerdings daran die Erdstrahlen schuld sind, konnte bisher noch nicht einwandfrei bewiesen werden. Im Gegenteil sind sich viele Forscher der Erdradioaktivität darin einig, daß die Radioaktivität der Erde in der Menge, wie sie der normale Boden besitzt, völlig ohne Einfluß auf das biologische Geschehen ist. An Stellen natürlich, wo radioaktive Substanz auch nur in ganz geringer Anhäufung vorkommt, können wir sofort einen Einfluß der Luft- und Bodenradioaktivität auf das biologische Geschehen feststellen. Hievon soll nun im folgenden die Rede sein.

## Einfluß von Luftradioaktivität auf das biologische Geschehen. Einfluß auf die Tiere und Menschen.

Die Hauptquelle der Jonisation der Luft an der Erdoberfläche sind die radioaktiven Substanzen der Erdrinde. Daneben kommen allerdings noch Jonisationen durch ultraviolettes Licht, durch Zerspritzen von Wasser, durch lichtelektrische Effekte und durch Strahlungen kosmischen Ursprungs zustande. Die Beteiligung dieser Elemente ist jedoch im Vergleiche zu der der radioaktiven Stoffe verschwindend klein.

Grabley brachte nun die Schmerzen der Rheumatiker in Beziehung zum Gehalt der Luft an Radiumemanation und an Jonen. Die positiven Jonen wirken, wie auch Dr. Carl Fervers feststellte, störend auf den Organismus. Andererseits hat ein Überwiegen der negativen Jonen in der Atmosphäre einen günstigen Einfluß auf den Organismus, sagen wir besser auf den Organismus der wetterempfindlichen Menschen.

Die durch Luftelektrizität hervorgerufenen Störungen im menschlichen Organismus sind hauptsächlich folgende: Allgemeine Müdigkeit, Erschlaffung, schwere Glieder, geschwollene Hände und Füße, Kribbeln, dumpfes Gefühl im Kopf bis zu rasenden Kopfschmerzen, Migränekomplexe, Schlaflosigkeit, erschwerte und vertiefte Atmung, Störungen der Darmtätigkeit, trockene Nase, Druck auf der Brust, Angstzustände, Schmerzen und Stiche in der Herzgegend, Herzklopfen, Mißstimmung, Depression, Denkunfähigkeit. Von diesen Symptomen sei besonders das des Anschwellens der Finger erwähnt und kurz erläutert. Es handelt sich dabei um ein Anschwellen ohne jeden Schmerz, das das Gefühl von „ungeschickt" erweckt. Es entsteht mitunter ein leicht kribbliges Gefühl. Die Haut ist leicht gerötet, oft hat sie einen Stich ins blaue. Es wird sich hierbei wohl um ähnliche Bedingungen handeln, wie sie der Entstehung des Quincke'schen Oedems zukommen und auf vasoneurotischen und humoralen Veränderungen der betreffenden Gewebe beruhen.

Happel-Hamburg beschäftigte sich ebenfalls mit der medizinischen Bedeutung der Luftjonen. Er stellte fest, daß sie in der Atmosphäre besonders nach Gewittern auftreten. Dabei kam auch Happel zu dem Resultat, daß die mit negativen Jonen beladene Luft im allgemeinen eine günstige, die mit positiven Jonen beladene Luft eine ungünstige Wirkung auf den Organismus ausübt. Mit negativ geladener Luft konnte er eine Anzahl von Krankheiten günstig beeinflussen, vor allem auch den Blutdruck senken.

Im Anschluß hieran sei erwähnt, daß H. Loßnitzer-St. Blasien die bioklimatischen Grundlagen und technischen Einrichtungen zur — durch Radioaktivität hervorgerufenen — Freiluftjonentherapie genau ausarbeitete. Dabei spielen die Untergrundverhältnisse eine bedeutende Rolle und man kann in solchen Orten, in denen sie in größerer Menge vorhanden sind, mit Hilfe der von ihm entwickelten Technik systematische Kuren an Rheumatikern und Asthmatikern durchführen.

Oft wurde auch bei Föhn der Jonengehalt der Luft erhöht gefunden. Der Föhn bringt — nach Dorno — eine starke Erhöhung der Zahl der kleinen Jonen in der Luft. Dorno stellt fest, daß die wichtigsten Quellen für die elektrische Ladung der Atmosphäre die Radioaktivität des Bodens und die durchdringenden Heß'schen Strahlen sind, wogegen andere Quellen nur eine völlig nebensächliche Bedeutung haben.

Obwohl nun also bei Föhn der Jonengehalt der Luft erhöht ist, hat diese Erhöhung der Jonenzahl mit der sogenannten Föhnkrankheit nichts zu tun. Dies bewiesen W. Storm van Leeuwen, I. Booy und I. van Niekerk in Leiden (Holland) durch folgenden Versuch. Sie brachten typisch föhnkranke Menschen in ein Zimmer mit einem Jonenfänger und ließen sie sich dort 3 Stunden aufhalten. Eine Besserung trat hierbei nicht ein. Man könnte nun einwenden, daß 3 Stunden zu wenig wären, um eine Besserung zu verspüren. Dem ist aber nicht so; denn bringen wir föhnkranke Personen aus einem Föhngebiet in ein föhnfreies, so werden sie sofort gesund. Von den obengenannten Forschern wurde dies mit Hilfe eines Autos in Innsbruck einige Male in der Zeit von jedesmal einer halben Stunde ausprobiert. Die Krankheitserscheinungen also, welche durch föhnempfindliche Personen in Innsbruck vor oder während der Föhnperiode empfunden werden, stehen nicht in kausalem Zusammenhang mit luftelektrischen Erscheinungen.

## Einfluß auf Pflanzen.

Wenn wir die Erde als Leiter betrachten, so verteilen sich ihre negativen Ladungen auf ihrer ganzen Oberfläche, die also eine

Potentialfläche des durch die Erde hervorgerufenen Kraftfeldes bildet.

Jonen und auch alle anderen in der Erdatmosphäre vorkommenden elektrisch geladenen Partikel bewegen sich infolge ihrer elektrischen Ladung senkrecht zu den Potentialflächen des elektrischen Kraftfeldes, die positiven Jonen also in horizontaler und vertikaler Richtung, da ja auch alle Hügel und Bäume usw. als Erdoberfläche zu betrachten sind. Positiv elektrisch geladene Zerfallsprodukte der Radiumemanation (besonders Ra A) bewegen sich also in derselben Richtung. Aus Ra A entstehen unter Aussendung von $\alpha$-, $\beta$- und $\gamma$-Strahlen als weitere Zerfallsprodukte Ra B, C, D, E, F, G. Deshalb stellt die Pflanze bei Abwesenheit der Sonnenstrahlen und bei normaler Beweglichkeit der Jonen in der Luft (ca. 1½ cm/sec. volt/cm) die Flächen ihrer Blätter so, daß sie mit den Potentialflächen des elektrischen Feldes zusammenfallen, damit sie auf die Weise die positiv geladenen Zerfallsprodukte der Radiumemanation in möglichst großer Menge auffangen können. Dies geschieht in erster Linie wegen der $\beta$-Strahlen, da die Blattepidermis die $\alpha$-Strahlen auffängt, soweit die Zerfallsprodukte der Radiumemanation auf der Blattoberfläche verbleiben.

In der Luft kommen nun nicht nur Jonen von normaler molekularer Größe vor, sondern sie verbinden sich mit größeren materiellen Partikeln der Luft, indem sie ihre Ladung übergeben. Ihre Beweglichkeit wird dadurch außerordentlich gering (0,0005 cm/sec. volt/cm, also 1/3000 der normalen Beweglichkeit). Diese Jonen heißen nach ihrem Entdecker „Langevin-Jonen". Die Anzahl letzterer in der Luft ist 75mal so groß als die der Moljonen. Vergrößert wird ihre Zahl besonders durch Staubpartikel, zerstäubten Schnee oder Wassertröpfchen bei Nebel.

Chree hat nachgewiesen, daß die Staubmengen in der Luft am geringsten sind in den frühen Morgenstunden und am größten am Mittag und daß das Potentialgefälle des elektrischen Kraftfeldes sich gleichzeitig mit der Luftstaubmenge verringert. Die Fallgeschwindigkeit der Staubteilchen wächst mit dem Quadrate ihres Durchmessers. Deshalb fallen die Staubpartikel, die größer sind als die normalen, wenn sie durch die Luft aufgewirbelt sind, viel schneller zur Erde, so daß ihre Prozentmenge in der Luft nicht groß sein kann.

Die Geschwindigkeit, mit der gerade die größeren Staubpartikel niederfallen, hat eine große Bedeutung auf die Pflanzenwelt, da sie infolge ihres Falles die Zerfallsprodukte der Radiumemanation, die sie in der Atmosphäre absorbiert haben, auf die Blätter bringen. Bei einem Maximumgehalt der Atmosphäre an Staub, also einem Minimumgehalt an Moljonen, stellt die Pflanze ihre Blätter in die wagrechte Lage der Gravitations- eher als der Elektrizitätspotential-

flächen, da diese Lage die günstigste zum Auffangen der radioaktiven Induktionen ist.

Ra A als Moljon absorbiert allerdings die radioaktiven Induktionen der Luft bedeutend vollkommener als die schweren Staubpartikel. In den frühen Morgenstunden, wenn die Luft am staubfreiesten ist, treten also die Moljonen in Tätigkeit. Deshalb ist das Wachstum der oberirdischen Pflanzenteile in den Morgenstunden am größten (Wirkung der $\beta$-Strahlung). Um sich in die Lage der Potentialflächen des elektrischen Feldes zu stellen, senkt die Pflanze ihre Blätter zu dieser Zeit am tiefsten. Die Wurzeln zeigen diese Wachstumsperiodizität nicht.

Die sogenannten Schlafbewegungen der Pflanzen lassen sich auf diese Art sehr einfach erklären. Die Pflanze hat das Bestreben, mit Hilfe des Blattes immer möglichst viel Zerfallsprodukte der Radiumemanation aus der Luft aufzufangen, um eine Gleichmäßigkeit in der Wirkung dieses wichtigen Vegetationsfaktors nach Möglichkeit zu sichern.

Nun stellten aber Tommasina und Bequerel in frischgepflückten Gräsern, Blumen und Blättern selbst eine bedeutende Radioaktivität fest; ein genaues Maß konnten sie jedoch nicht angeben.

Ein solche pflanzliche Bioradioaktivität stellte auch Stoklasa fest und kam auf Grund vieler Versuche zu der Überzeugung, daß diese Bioradioaktivität von der Radioaktivität der den Organismus umgebenden Substanz herrührt.

Verbreitert sich z. B. das Wurzelsystem von Bäumen in Verwitterungsprodukten, evtl. in einem Gestein, das reich an Aktivität ist und dessen Akivität auf der akzessorischen Beimengung von gewissen radium- und thoriumhaltigen Mineralien beruht, so enthält auch der Blutungssaft eine starke Radioaktivität.

Eine Vegetation, die auf Erruptivgestein, über dem ja auch die Luft stark radioaktiv ist, sich entwickelt, ist stets radioaktiv, da ja solches Gestein und die Atmosphäre darüber durch einen hohen Radium- und Thoriumgehalt sich auszeichnet.

Hier seien einige interessante Beispiele aus der langjährigen Untersuchung Stoklasas angeführt, wie er sie im „Handbuch der gesamten Strahlenheilkunde“ anführt:

„Am Vesuv, namentlich in der Zone, wo das Schwefeldioxyd und die Fluorverbindungen nicht mehr in so reichlichem Maße in der Luft vertreten sind, daß sie an der Vegetation toxische Wirkungen hervorrufen, fanden wir im Zellsafte von z. B. Spartium junceum, der unter einem Drucke von 300 Atmosphären gewonnen wurde, eine Radioaktivität von $11—14 \cdot 10^{-12}$ g Ra pro Liter. Auch die sich im Boccagrande della Solfatara oberhalb der aus dem Erdinneren ausströmenden radioaktiven Gase entwickelnde Vegetation ist radioaktiv, und zwar wies der Saft von Robinia pseudacacia eine Radio-

aktivität von $13—17 \cdot 10^{-12}$ g Ra auf. Nicht uninteressant ist weiter die Vegetation auf dem Krater des erloschenen Vulkans Kammerbühl. Dieselbe ist ebenfalls radioaktiv. Es enthält z. B. der Blutungssaft von Betula alba eine Radioaktivität von $9{,}5 \cdot 10^{-12}$ g Ra."

Interessant ist, daß auch die in der Nähe der Uran- und Radiumfabrik in St. Joachimsthal sich entwickelnde Vegetation eine Bioradioaktivität aufwies. Die untersuchten Pflanzen waren alle radioaktiv.

Wir haben bisher festgestellt, daß die Pflanzen die Radioaktivität der sie umgebenden Substanz aufnehmen und dadurch selbst eine gewisse Bioradioaktivität erhalten. Stoklasa hat nun auch noch einen Einfluß der Radioaktivität auf den Chemismus des Zuckerabbaues in der lebenden Zelle festgestellt.

Die Luftradioaktivität und die Emanation, die von den Gesteinen, Mineralen und vom Boden ausgeschieden wird, dringt durch Diffusion in den Organismus der Pflanze ein. Die aus der Emanation entstandene radioaktive Induktion, und zwar das Radium A, B, C, D lagert sich an der Oberfläche des Pflanzenorganismus an. Nun entstehen durch den radioaktiven Zerfall $\alpha$-, $\beta$- und $\gamma$-Strahlen. In das Protoplasma der Zelle dringen jedoch nur die $\beta$- und $\gamma$-Strahlen ein und verursachen hochwichtige Vitalprozesse in der ganzen organisierten Welt. Durch die eben erwähnten $\beta$- und $\gamma$-Strahlen, welche das Protoplasma der Zelle durchdringen und durch die $\beta$-Strahlen des Kaliums findet ein Anstoß auf die glukolytischen Enzyme statt. Die Kohlehydrate werden anoxydativ gespalten, wobei durch die Einwirkung der glukolytischen Enzyme zuerst Milchsäure und hieraus wieder Alkohol und Kohlendioxyd gebildet wird.

Bei diesem scheinbar anaeroben Lebensprozesse entreißen die Atmungsenzyme den im Karyoplasma enthaltenen Oxygenasen den angehäuften Sauerstoff. Dadurch gewinnen die aeroben Oxydationsprozesse auch unter diesen scheinbar anaeroben Bedingungen die Oberhand.

Da alle an Kalium reichen Organismen durch eine intensive Atmung sich auszeichnen, ist erwiesen, daß es die $\beta$-Strahlen sind, welche diesen energischen Angriff auf die glukolytischen Enzyme ausüben und eine Zertrümmerung der leicht oxydativen, intermediären, labilen Produkte verursachen.

Nun schreiben O. Bandisch und Lars A. Wello: „Die wichtigsten Kräfte für die Bildung aktiver, labiler, vitaminähnlicher Verbindungen sind strahlende Energie und Magnetismus. Das wichtigste Gesetz, nach welchem diese Verbindungen gebildet werden, ist die Wernersche Koordinationslehre. Sowohl bei festen als auch bei gelösten Verbindungen gilt eine gewisse Koordinationszahl, nach welcher sich die Atome der Moleküle räumlich um ein Zentralatom lagern. Bleiben gewisse Koordinationszahlen unbesetzt, oder werden

sie nur durch ein neutrales Wassermolekül okkupiert, so ist diese koordinativ ungesättigte Komplexverbindung in vielen Fällen imstande, neue Moleküle koordinativ zu binden und deshalb zu aktivieren."

Von den genannten Autoren wird diese Idee jedoch nur auf die biologisch aktiven Ferro- und Ferriverbindungen appliziert.

Der Meinung Stoklasas und Dr. Penkaras nach gelten auch für die komplexen hochmolekularen Naturstoffe der Proteingruppe evtl. der Enzymgruppe im Protoplasma dieselben Regeln. Hier werden im obigen Sinne die radioaktiven Strahlungen $\beta$ und $\gamma$ auf ihre Oberfläche aktivierend wirken, wogegen die $\alpha$-Strahlen, die sich durch ihre große Masse und Energie auszeichnen, auf die hochmolekularen Komplexe einen eher auflösenden Einfluß ausüben werden. Ganz besonders wird dies bei den gealterten großen Komplexen, deren Teilkomplexe schon sehr schwach oberflächenaktiv sind, der Fall sein.

## Einfluß der Bodenradioaktivität auf das biologische Geschehen. Einfluß auf Tiere und Menschen.

Daß die Radioaktivität des Bodens, von der ja die Radioaktivität der Luft zum großen Teil abhängt, einen nicht geringen Einfluß auf das biologische Geschehen hat, ist nach dem Vorausgehenden selbstverständlich. Hier dürfte in erster Linie der Einfluß der Erdradioaktivität in konzentrierterer Form auf den Menschen interessieren, so wie wir es in den Radiumbergwerken Joachimsthals haben.

Im Jahre 1929 wurden Untersuchungen der Joachimsthaler Bergleute durchgeführt und diese waren insbesondere auf das Verhalten des Blutes gerichtet. Im folgenden seien tabellarisch die Resultate der Blutuntersuchungen von 29 Bergleuten angeführt, und zwar waren dies 21 pensionierte Bergleute, die mindestens 4 Jahre außerhalb des Betriebes standen und 8 aktive Bergarbeiter. Die Untersuchungen bestanden in der Feststellung der absoluten Zahlen der Erythro- und Leukozyten, in der Untersuchung des relativen Blutbildes, ferner Bestimmung des Hämoglobingehaltes, Vornahme der Vitalfärbung der Erythrozyten, ferner Senkungsgeschwindigkeit, Wa.-R., Gerinnungsvalenz, Lange-Heuersche Reaktion und die Serumtrübung mit Aqua destillata. Die Wa.-R. war nur in einem Falle positiv, und zwar bei einem 55jähr. Pensionisten, der aber sonst fast ganz normale Befunde zeigte. Bei der Lungenuntersuchung ergab sich Folgendes: 5mal Kalkherde, 4mal fibrös-knotige Prozesse und 2mal Pleuraveränderungen. Der Sputumbefund war immer Koch negativ.

Wenn wir die folgende Tabelle durchgehen, so können wir unter 21 Pensionierten in 10 Fällen Anämien unter 4,5 Mill. feststellen,

und zwar 5 Fälle mit Zahlen von 4—4,5 Mill., 3 mit Zahlen von 3—4 Mill. und 2 unter 3 Mill. 4 von diesen Anämien waren hyperchrom, 5 normochrom und eine hypochrom. Bei Temperaturen unter 37° waren die Werte der Leukozyten 4mal zwischen 3—5000, sonst darüber, die Lymphozytenwerte waren 1mal unter 20, 6mal über 30; auffallend war in einem Falle eine Eosinophilie von 13% und in einem andern Falle eine Monozythose von 12%. Inkonstant in bezug auf den Grad der Anämie waren in ihren Ergebnissen die Senkungsgeschwindigkeit, das Serumeiweiß und die aus diagnostischen Gründen angestellten Reaktionen. Sie sollen aus diesem Grunde auch nicht weiter erwähnt werden. Es bestätigte sich nicht, daß die Serumreaktion für die Karzinomdiagnose verwertbar ist, da kein einziges Karzinom in Beobachtung kam.

Nun zu den aktiven Grubenarbeitern. Von diesen wiesen 3 Erythrozytenwerte zwischen 3—4 Mill. auf und einer zwischen 4 und 4,5, 3 waren normochrom, 1 hypochrom, durchweg mit Leukozytenwerten über 5000 und normalen Lymphozytenzahlen, 1mal 9% Mononukleäre, in einem Fall 6% Eosinophile.

| Nr. | Alter | Beruf / Grubv. Arb. | Arbeitsjahre | Zahl der Roten | Zahl der Weißen | Hämoglobin | Färbeindex | Senkung | Gerinnungsvalenz | Lange-Heuer | Serumtrübg. | Organbefunde | Anzahl d. Kinder |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 42 | pens. | 14 | 5,6 | 4400 | 110 | 0,98 | 18 | 4 | 0 | + | 0 | 3 |
| 2 | 55 | " | 17 | 5,4 | 7800 | - | - | 25 | 6 | 0 | + | Wa-R+,Kalkherde | 3 |
| 3 | 57 | " | 16 | 5,4 | 7800 | - | - | 26 | 7 | 0 | + | Struma | 5 |
| 4 | 50 | " | 15 | 5,2 | 8600 | - | - | n | 5 | 0 | + | Struma | 2 |
| 5 | 45 | " | 12 | 5,2 | 4000 | - | - | 19 | 10 | | + | Fibröser Prozeß | 2 |
| 6 | 36 | " | 15 | 5,16 | 5400 | - | - | n | 5 | + | + | Struma | 3 |
| 7 | 57 | " | 24 | 5,03 | 4400 | - | - | n | 5 | | + | Basale Adhäsion | 3 |
| 8 | 49 | " | 14 | 5,01 | 8200 | - | - | n | 6 | 0 | + | Kalkherd,Struma | 2 |
| 9 | 44 | " | 16 | 5 | 4600 | 87 | 0,87 | n | 10 | 0 | + | Spitzenschwiele | ? |
| 10 | 58 | " | 17 | 4,8 | 6000 | - | - | n | 10 | | 0 | Kalkherd | 0 |
| 11 | 40 | " | 14 | 4,7 | 6100 | - | - | n | 4 | 0 | + | Kalkherd | 1 |
| 12 | 52 | " | 20 | 4,5 | 6000 | - | - | 22 | 6 | 0 | +++ | Arteriosklerose | 5 |
| 13 | 42 | " | 16 | 4,3 | 5200 | 118 | 1,4 | n | 10 | 0 | 0 | Fibröser Prozeß | 1 |
| 14 | 44 | " | 14 | 4,2 | 3200 | 87 | 1,03 | n | 6 | | + | 0 | 3 |
| 15 | 32 | " | 15 | 4,2 | 8800 | 88 | 1,04 | n | 5 | + | ++ | Kalkherd | 2 |
| 16 | 37 | " | 22 | 4,07 | 6400 | 80 | 1,0 | 19 | 5 | | + | Knotiger Prozeß | 3 |
| 17 | 58 | " | 10,5 | 3,9 | 5400 | 80 | 1,02 | n | - | | | Fibr.Prz.Struma | ? |
| 18 | 43 | " | 10 | 3,9 | 3600 | 70 | 0,9 | n | 9 | 0 | + | 0 | 3 |
| 19 | 53 | " | 23 | 3,4 | 5400 | 88 | 1,3 | n | 6 | 0 | + | 0 | 3 |
| 20 | 44 | " | 14 | 2,79 | 4400 | 70 | 1,25 | 29 | 10 | + | +++ | 0 | 1 |
| 21 | 47 | " | 7,5 | 2,18 | 9800 | 65 | 1,54 | n | 5 | | + | Basale Adhäsion | 3 |
| 22 | 33 | akt. | 16 | 5,3 | 7000 | 96 | 0,9 | 50 | 5 | 0 | 0 | Basedow | 3 |
| 23 | 32 | " | 15 | 4,91 | 8200 | 90 | 0,91 | n | 4 | + | ++ | Struma | 2 |
| 24 | 36 | " | 18 | 4,7 | 7200 | 80 | 0,88 | n | 5 | 0 | + | Bronchitis | ? |
| 25 | 38 | " | 20 | 4,6 | 6200 | 76 | 0,82 | 35 | 5 | 0 | + | 0 | ? |
| 26 | 32 | " | 14 | 4,46 | 5400 | 90 | 1,0 | n | 1 | 0 | + | Kalkherd | 1 |
| 27 | 32 | " | 15 | 3,9 | 6000 | 80 | 1,0 | - | - | | | Lymphom | ? |
| 28 | 45 | " | 16 | 3,9 | 5400 | 76 | 0,9 | 22 | 10 | ++ | +++ | 0 | ? |
| 29 | 34 | " | 16 | 3,74 | 5600 | 78 | 1,05 | 83 | 10 | 0 | ++ | Fibr.prod.Proz. | ? |

Fragen wir uns nun, wie kann die Anämie entstehen: Im Ioachimsthaler Gestein kommen As, Bi, Ni und Co nur in unbedeutenden Mengen vor. Ausgenommen ist eine Arbeitsstätte, wo Silikate und

Arsenide reichlicher sind, die aber erst seit einem Jahr gefördert werden. Dagegen enthalten 9 Tonnen Scheiderz 3000 kg Uran mit 1 g Radiumgehalt. Dr. Behonnek maß 1927/28 die Radioaktivität und stellte fest, daß sie im Wasser in einem Schacht 277 bis 560 ME beträgt, an den übrigen Stellen 40—316 ME. Die Radioaktivität der Luft in verschiedener Distanz von der Bohrstelle gemessen ergab: 29 m Entfernung 0,76—1,92, 17 m: 0,92—2,72, 6 m: 1,10—8,8 ME per 1 l Luft. Die zirkulierende Luft 1,21 ME. Als ätiologisches Moment muß hier in erster Linie das Radium verdächtigt werden. Es ist erwiesen, daß es schädigend auf das Blutbild einwirkt und so wären die vorliegenden Anämien den myelotoxischen zuzuzählen. Allerdings können auch Untertagsarbeiter anderer Betriebe an Anämien erkranken, jedoch kann dies hier nicht zutreffend gegen die exquisit schädliche Rolle des Radiums ins Treffen geführt werden, denn 1. sind diese Anämien zum Großteil Parasitenanämien, 2. ist die Frage anderer Ursachen noch nicht geklärt, wie z. B. der Einfluß der Dunkelheit. So zeigten die von Schoenenberger ausgeführten Untersuchungen von im Schacht 20—30 Jahre lebenden Pferden durchaus normale Erythrozytenwerte. Die bei den durchsuchten Arbeitern gefundenen Organveränderungen, die übrigens sehr spärlich waren, können als ursächlich nicht in Betracht kommen.

Die Blutveränderung unserer Patienten besteht in einer Anämie, vorwiegend normo- bis hyperchrom, mit Leukozytenwerten normal bis erhöht und gleichfalls vorwiegend normalen bis erhöhten relativen Lymphozytenzahlen, in einigen Fällen eine, wenn auch geringe Vermehrung der Mononukleären. Zur Diagnose Perniziosa reichten die Resultate in keinem der erwähnten Fälle. Vielmehr handelt es sich um eine sekundäre myleotoxische Anämie, hervorgerufen durch die Radioaktivität von Luft und Boden. Dahingestellt sei jedoch, ob diese nun direkt auf das Knochenmark wirkt, oder aber auf dem Umwege der durch Zerstörung des peripheren Blutes entstehenden Abbauprodukte.

Die Untersuchungen A. Woldrichs unterstützen die Annahme von J. Löwy, der behauptet, daß das Bronchialkarzinom durch jahrelange Inhalation von Radiumemanation zustande kommt, insofern, als von ihm hier eine zweite andersartige Schädigung aufgedeckt wurde, welche ebenfalls mit auf die Inhalation der Emanation zurückzuführen ist. Es ergibt sich somit aus dem gesamten, der Klinik zur Verfügung gestellten Material, daß die langjährige Inhalation von Radiumemanation nicht nur ein Bronchialkarzinom auslösen kann, sondern auch auf das hämatopoetische System im Sinne einer Anämie wirken kann.

Die schädigende Wirkung der Luft- und Bodenradioaktivität auf das Blut können wir nun als erwiesen betrachten. Interessant ist im

Anschluß daran, daß Dr. O. Muck auch eine Wirkung radioaktiver Körper auf die Blutgefäßinnervation festgestellt hat.

Bekanntlich geben sich Gefäßtonusstörungen bei verschiedenen Krankheiten und Zuständen im Adrenalin-Sondenversuch (A.S.V.) in der weißen Strichzeichnung kund. Solche Tonusstörungen konnten von Muck auch experimentell hervorgerufen werden dadurch, daß er die Gefäßwandung der Radialarterie mechanisch, elektrisch und kalorisch reizte. Nach Einwirkung ebengenannter Reize erschien bei Versuchspersonen, die vorher Normalreaktion im A.S.V. zeigten, deutlich das pathologische, vasokonstriktorische Reflexphänomen der weißen Strichzeichnung.

Als Dr. O. Muck mit diesen Reizversuchen, die er in großer Zahl anstellte, beschäftigt war, konnte er feststellen, daß auch bei der Anwendung von feuchtem postvulkanischem Schlamme bei Körpertemperatur ebenfalls die „weiße Strichzeichnung" zu sehen war bei Versuchspersonen, die vorher im A.S.V. Normalreaktion zeigten.

In diesem Falle hatte keine thermische Einwirkung auf die Art. poplitea und Art. tibialis (Malleolengegend) stattgefunden. Es muß also angenommen werden, daß bei diesen Versuchen die Radioaktivität des „Fango" auf die Gefäßinnervation am A.S.V. sichtbar gemacht war. Daß Fango, ein Mineralschlamm vulkanischen Ursprungs, radioaktiv ist, ist einwandfrei schon lange festgestellt worden.

Um nun jeden Zweifel aufzuheben, daß bei diesen Versuchen wirklich eine radioaktive Wirkung auf die Gefäßinnervation eingetreten war, die der A.S.V. feststellte, machte Muck noch folgende Versuche: Mit trockenem radioaktivem Mineralschlamm, mit reinem Radiumchlorid, mit Joachimsthaler Uranpechblende, mit Kreuznacher Mutterlauge, mit Heidelberger Solesediment und Lavamasse vom Ätna. Jedesmal, wenn diese Stoffe in eine Entfernung von 1—2 cm gebracht wurden, war regelmäßig die weiße Strichzeichnung zu sehen. Wurde Radiumchlorid oder Uranpechblende in einen 1 cm dicken Bleibehälter gebracht und der gleiche Versuch ausgeführt, so blieb das vasokonstriktorische Phänomen der weißen Strichzeichnung im Adrenalin-Sondenversuch aus.

Dieser Nachweis dürfte zur Erklärung der Heilwirkung radioaktiver Bäder und Quellen einen wichtigen Beitrag liefern.

Bei Betrachtung des bisher Angeführten werden wir uns fragen, warum denn, nachdem doch ein Einfluß der Radioaktivität auf das biologische Geschehen feststellbar ist, dieser im täglichen Leben eigentlich nicht bemerkbar ist. Prof. Walt. Friedrich gibt uns die Antwort, indem er behauptet, daß die in der Natur vorkommenden Strahlen und Kraftfelder mit wenigen Ausnahmen von viel zu geringer Intensität sind, um biologische Reaktionen im Sinn einer Schädigung bzw. Erkrankung zu erzeugen. Dr. A. Nippold hat ebenfalls eine Erklärung für das obenangeführte Ausbleiben der Strah-

lenwirkung. Er sagt: „Unser Lebensraum ist von Strahlungen der verschiedensten Art und Natur allseitig durchsetzt. Alle Organismen wachsen unter ihnen auf, und so wird sich das gestaltete Leben an diese Strahlen ebenso anpassen, wie es sich an die Schwerkraft und die Molekularkräfte angepaßt hat. Damit ist aber auch die Möglichkeit einer zu starken Einwirkung, also einer gesundheitsschädlichen, gegeben."

Hier drängt sich uns die Frage der Radiosensibilität auf. Prof. Voltz — München referierte hierüber auf der 17. Tagung der deutschen Gesellschaft für Gynäkologie. Er zeigte an Hand der energetischen Betrachtungsweise verschiedener strahlenbiologischer Gesetze, daß die Wirkung einer Strahlung von 2 Momenten abhängig ist. 1. Von der Art der wirksamen Bestrahlung, 2. von den Umständen, unter denen sie wirkt. Das erstere Moment ist bekannt, das zweite Moment ist noch ungeklärt. Untersuchungen von Prof. Volz über dieses Problem ergaben folgende Tatsachen: 1. Die Radiosensibilität eines lebendigen Systems ist von seiner Ernährung abhängig. 2. Die Radiosensibilität eines lebendigen Systems ist von den äußeren Lebensbedingungen dieses Systems abhängig. 3. die Radiosensibilität ist von Schädigungen irgendwelcher Art abhängig. An Hand einer Reihe von experimentellen Beispielen erbrachte Prof. Voltz den Nachweis, daß selbst bei ein und demselben lebendigen System die Radiosensibilität verändert werden kann. Daraus ergibt sich die Tatsache, daß die biologische Wirkung physikalischer Energie in einem Organ nicht von dem Organ allein abhängig ist, sondern von dem gesamten Organismus und seinen Lebensbedingungen.

Im Anschluß an die Frage der Radiosensibilität dürften nun besonders die Versuche, die Dr. Ed. Jenny, Ing. A. Oehler und Dr. H. Stauffer über biologische Wirkungen der sog. „Erdstrahlen" anstellten, interessieren. Welche Art von Erdstrahlen die bei ihren Versuchen wirksamen waren, konnten sie leider selbst nicht genau feststellen. Ich möchte deshalb an dieser Stelle die Strahlenarten, die die Erde selbst aussendet, aufzählen. Das sind:

1. Die dunklen Wärmestrahlen,
2. Die reflektierten Lichtstrahlen,
3. Die Gammastrahlung der radioaktiven Körper der Erdrinde und
4. Die Korpuskularstrahlung eben dieser selben Körper.

Die unter 1 und 2 angeführten Strahlenarten dürften für das Folgende wohl ausscheiden, so daß wir es mit einer Wirkung der Bodenradioaktivität zu tun haben.

Die 3 oben genannten Forscher suchten in Suhr bei Aarau durch einen Rutengänger geeignete Versuchsplätze mit Erdstrahlen und stellten die genauen Maße dieser Reizstreifen fest. Bei ihren auf diesen Reizstreifen seit dem Frühjahr 1933 bis 1935 gemachten Experimenten ergab sich folgendes:

Ausgehend von der Beobachtung mancher Erdstrahlenforscher, daß bestimmte Tierarten Reizzonen meiden, andere sie im Gegenteil aufsuchen, wollten Jenny, Oehler und Stauffer prüfen, ob auch die weiße Maus, die im Hinblick auf die Karzinomexperimente als Versuchstier genommen wurde, ein ähnliches Verhalten zeige. Zu diesem Zweck konstruierten sie schmale, 2,50 — 4 m lange Kisten, die in der Versuchsbaracke so aufgestellt waren, daß die eine Hälfte bestrahlt (das ist innerhalb des Reizstreifens), die andere unbestrahlt (das ist außerhalb eines Reizstreifens), stand. Auf beiden Seiten setzten sie völlig symetrisch Wohnkästchen ein und fütterten die Tiere auf der einen oder anderen Seite abwechselnd. Ferner wurde genaues Augenmerk darauf gerichtet, daß alle anderen Faktoren wie z. B. Licht und Temperatur auf beiden Seiten gleich war. Die Mäuse konnten sich völlig nach ihrem Belieben in der ganzen Kiste bewegen und sich in dem ihnen passend erscheinenden Wohnkistchen einnisten.

Es konnten folgende Beobachtungen gemacht werden: Die zum Versuch verwendeten Mäuse — es wurden absichtlich 3 verschiedene Stämme genommen — bezogen auf verschiedenen Versuchsplätzen die Wohnkistchen auf neutraler Seite, während sie alle ohne Ausnahme die bestrahlten Kistchen freiließen. Wurde nach längerer Beobachtungszeit die Kiste um 180° gedreht, sodaß die vorher unbestrahlte Kistenhälfte jetzt bestrahlt stand, so siedelten die Mäuse in 2—8 Tagen auf die neutrale Seite über. Wurde der über dem Reizsreifen sich befindende Kistenteil jedoch durch eine 0,8 mm dicke Zelluloidplatte abgeschirmt, so blieben die Mäuse auf dem bestrahlten Gebiet.

Anschließend möchte ich noch den von denselben Forschern durchgeführten Karzinomversuch schildern, der den Einfluß der Erdstrahlen auf Karzinomkranke in krassem Licht beleuchtet. Es wurden zu dem Versuche Mäuse mit Teerkarzinom verwendet. Die eine Hälfte hiervon wurde wieder in Wohnkistchen auf „bestrahltem", die andere in Kisten auf „unbestrahltem" Gebiet einquartiert. Es erwies sich nun, daß die Entwicklung des Teerkarzinoms bei den Mäusen auf dem Erdtstrahlen reichen Gebiet gegenüber den auf unbestrahltem Gebiet stehenden Kontrollen eine stark beschleunigte war. Dabei verliefen die Tumoren im Allgemeinen maligner, sodaß die Tiere wesentlich früher an ihrem Karzinom zugrunde gingen. In anderen Versuchen, bei welchen die Zahl der Teerpinselungen eine relativ geringe war, bekamen einzelne Mäuse auf der Erdstrahlen freien Seite kein Karzinom, während auf der bestrahlten Seite alle Mäuse prositiv wurden. Der gleiche Versuch wurde wiederholt mit Mäusen, die in mit Zelluloid verkleideten Kisten gehalten wurden. Hier war die Entwicklung der Karzinome auf der unbestrahlten und bestrahlten Seite ziemlich genau gleich und zeigte keinen großen Unterschied gegen-

über den Mäusen, die in nicht mit Zelluloid abgeschirmten Kisten auf Erdstrahlen freiem Boden standen.

Zum Schluß dieses Kapitels interessiert uns nun noch, ob der tierische Organismus, der einer Bodenradioaktivität ausgesetzt ist, selbst Radioaktivität enthält. In dieser Beziehung untersuchte Stoklasa speziel die Lumbricidae, die sich in den stark radioaktiven Böden am Kammerbühl sehr zahlreich entwickeln. Hier enthält der Boden pro 1 g $4{,}2 \cdot 10^{-12}$ g Ra. Bei einem Drucke von 300 Atmosphären wurden die verschiedenen Arten der Lumbricidae ausgepreßt und der Zellsaft enthielt pro 1 l $5{,}2 \cdot 10^{-12}$ g Ra. Auch im Rindsblute und in den Rindsknochen von auf radioaktivem Boden lebenden Tieren wurde eine merkliche Radioaktivität nachgewiesen.

### *Einfluß auf Pflanzen.*

Die Radioaktivität des Bodens unterstützt in weitgehendem Maße die Entwicklung der Pflanzen. Auch auf diesem Gebiete sind es Stoklasa und Dr. Penkara, die durch ihre Forschungen unser Augenmerk auf sich richten.

So werden durch die Bodenradioaktivität die Leguminosenpflanzen und zwar Spartium junceum und Robinia pseudocacia, welche die Pioniere der Vegetation sind, stark beeinflußt. Die den Luftstickstoff assimilierenden Bakterien werden nämlich in dieser Tätigkeit ungemein gefördert durch die Radiumemanation.

Besonders die $\alpha$-Strahlen sind es hier, welche stark begünstigend auf die Dissimilationsprozesse der Bakterien wirken und bei genügendem Zutritt von Sauerstoff die Atmungspotenz stark erhöhen. Es stehen nämlich die Dissimilationsprozesse derjenigen Bakterien, die den elementaren Stickstoff assimilieren, in genetischem Zusammenhang mit der Energie der Fixation des elementaren Stickstoffes. In der Tat findet man nicht nur in den niederen Partien des Vesuvs, sondern überhaupt in allen Böden Campaniens, daß die den elementaren Stickstoff assimilierenden Bakterien stark verbreitet sind. Es enthalten diese fruchtbaren Böden pro 1 g durchschnittlich 10—15 Mill. Bakterien, welche den elementaren Stickstoff assimilieren. Es finden sich in den Vegetationsböden des Vesuvs 25—30 Millionen vegetativer Keime von solchen Bakterien, die den Stickstoff fixieren und in Nucleoproteide und Nucleoalbumine umwandeln. Für den Stickstoffhaushalt des Bodens ist dies von großer Wichtigkeit. In diesem Gebiete zeichnen sich alle Böden durch eine verhältnismäßig hohe Radioaktivität aus. Die Böden am Vesuv u. in Campanien, die die üppige Vegetation hervorbringen, haben einen Radiumgehalt von $3—5 \cdot 10^{-12}$ g/g. In ganz Campanien ist das Wachstum der Pflanzen überraschend groß, was aus der dreimaligen Fruchternte pro Jahr

genügend erhellt. Dies ist auf den Einfluß der β-Strahlen zurückzuführen. Letztere stammen aus den radioaktiven Bestandteilen des Bodens und der Luft und durchdringen den Organismus der Pflanzen. Campaniens Boden ist sehr reich an Phosphor und Kalium und außerdem enthält die Atmosphäre verhältnismäßig große Mengen Ammoniak.

In diesen Böden bewegt sich die Wasserstoffjonenkonzentration zwischen $p_H$ 6,8—7,1, was einem neutralen Charakter dieser Böden entspricht.

Im Süden gehen die photosynthetischen Prozesse unter dem Einfluß der höheren Intensität der Sonnenstrahlen, der Wärme, sowie der Gegenwart aller mineralischen Nährstoffe im Boden viel rascher vor sich. Die β- und γ-Strahlen der radioaktiven Stoffe üben dort auch auf die Blätter eine viel stärkere Wirkung aus, als in unseren kühleren Regionen und die Produktion der Kohlehydrate wird bei weitem intensiver. Es kann hier die physiologische, den β-Strahlen antagonistische Wirkung der α-Strahlen nicht so stark zur Geltung kommen.

Es steht die Verwertung der strahlenden Energie der Sonne, welche in der chlorophyllhaltigen Zelle die Synthese des organischen Materials aus anorganischer Substanz vollzieht, mit den β-Strahlen des Kaliums und der anderen β- und γ-Strahler, im Zusammenhang. Es senden das Kalium und die radioaktiven Bestandteile des Bodens und der Luft Strahlen aus, die die chlorophyllhaltige Zelle durchdringen und sich sicherlich an der ganzen Photosynthese und an der Produktion der organischen Substanz durch die Assimilation von Kohlensäure beteiligen.

Auf Grund von Untersuchungen Stoklasas läßt sich annehmen, daß dieser grundlegende endothermische Vorgang und die photosynthetische Assimilation der Kohlensäure die Zersetzung des Kaliumbikarbonats unter Einwirkung des Lichtes zu Ameisensäure, zu Formaldehyd und Sauerstoff bewirkt. Bei diesem photosynthetischen Prozesse muß auch die Radioaktivität des Kaliums zur vollen Geltung kommen.

Daß sich nun die Photosynthese in der chlorophyllhaltigen Zelle durch β- und γ-Strahlen der radioaktiven Stoffe bedeutend erhöhen läßt, wurde durch zahlreiche Experimente bewiesen.

Es können die stimmulierenden Effekte der α-, β- und γ-Strahlung der radioaktiven Stoffe bei biochemischen Prozessen einzig als ein indirekter Eingriff in den Mechanismus des Stoffwechsels erklärt werden, aus dem eine Veränderung des kolloidalen Zustandes intrazellulärer chemischer, physiologisch aktiver Gruppen, speziell auch eine Veränderung der chemischen Aktivität von Katalysatoren hervorgeht. Man kann bei diesen Wirkungen nach den Resultaten der Versuche Stoklasas einen physiologischen Antagonismus zwischen α- und β-Strahlen feststellen.

Hier dürfte interessieren, wie die Organismen überhaupt mit radioaktiven Stoffen in Berührung kommen; dies geschieht auf zweierlei Art: auf der einen Seite durch innere Assorption beim Stoffwechsel, auf der anderen Seite durch das Anhäufen radioaktiver, positiv elektrisch geladener Induktionen auf der Oberfläche der Organismen. Letzteres kommt durch das elektrische Feld der atmosphärischen Elektrizität zustande.

Wie schon oben erwähnt, hängt die Radioaktivität des Bodens von dem Muttergestein, aus welchem dieser Boden entstanden ist, ab. Im folgenden sei also auf die Radioaktivität des Acker-, Wiesen- und Waldbodens besonders eingegangen.

Diese Böden sind, soweit sie aus vulkanischem, kristallinischem Gestein entstanden sind, stets stärker radioaktiv als diejenigen, die von klastischem Gestein, wie z. B. Kalkstein, Plänerkalk und Sandstein herstammen. Dies wurde wiederum von Stoklasa auf Grund zahlreicher Versuche festgestellt. Interessant ist, daß die Waldböden in den tieferen Schichten stets etwas stärker radioaktiv sind als die Ackerböden, die ihren Ursprung von demselben Gestein herleiten. Ganz besonders gilt dies für Podsolböden.

Auf die Keimungsprozesse der Samen, auf die Entwicklung des Wurzelsystems und auf den gesamten Aufbau der Pflanzenorganismen hat die Stärke der Radioaktivität der Wald- und Ackerböden einen gewaltigen Einfluß. In Böden, die aus kristallinen, vulkanischen Gesteinen entstanden sind, geht der Bau- und Betriebsstoffwechsel nicht nur der Bakterien, sondern überhaupt aller Pflanzen viel rascher vor sich als in aus Kreideformationen stammenden Böden. Wir beobachten diese Erscheinung nicht nur bei Waldkulturen, sondern auch bei landwirtschaftlichen Kulturpflanzen, ganz besonders bei Leguminosen, da die Stoffwechselprozesse der stickstoffbindenden Bakterien durch die Radioaktivität bedeutend gefördert werden. Mit verschiedenen Waldpflanzen wurden Versuche ausgeführt, in aus Basalt entstandenen Böden sowie in benachbarten Böden, die sich aus Plänerkalk gebildet hatten. Der Basaltboden besaß eine Radioaktivität von $3{,}8 \cdot 10^{-12}$ g Ra, der aus Plänerkalk gebildete Boden wies $0{,}5 \cdot 10^{-12}$ g Ra auf. Beide Böden wurden nicht gedüngt und man ließ in denselben folgende Pflanzen sich entwickeln: Fagus silvatica (Rotbuche), Quercus sessiliflora (Wintereiche), Pinus silvestris (gemeine Kiefer), Piciea excelsa (Fichte).

Es konnte festgestellt werden, daß die Rhizosphäre der Flora, die aus dem schwächer radioaktiven Boden stammt, ärmer an Mikroorganismen ist, als die Rhizosphäre der Flora, die sich in den stärker radioaktiven Böden entwickelt. Im Basaltboden enthält die Rhizosphäre der Fichte 22,8 Millionen vegetativer Keime der Bakterien, die Rhizosphäre der Fichte im Plänerkalkboden dagegen nur 10,2 Millionen vegetativer Bakterienkeime. Bei der Kiefer ist es ähnlich.

Im Basaltboden enthält ihre Rhizosphäre 20,3 Millionen vegetativer Keime der Bakterien, im Plänerkalkboden bloß 9,4 Milionen. Ebensolche Unterschiede finden wir auch bei der Eiche mit 46,36 Millionen bzw. 24,2 Mill. und der Rotbuche mit 48,7 bzw. 29,3 Mill. vegetativer Keime der Bakterien. Aus diesen Zahlen ersehen wir ganz deutlich, daß die rhizopshären Bakterien sich im radioaktiven Basaltboden viel zahlreicher entwickeln als im Plänerkalkboden. Außerdem können wir feststellen, daß die Rhizosphäre der Koniferen ärmer an Bakterien ist als die der Buche und Eiche. Schuld daran hat die hohe Wasserstoffjonenkonzentration der Nadeln der Koniferen. Letztere fallen bekanntlich ab und machen dadurch den Boden sauer. Diese Azidität wirkt dann schädlich auf die Entwicklung der rhizosphären Bakterien.

Nun könnte man einwenden, daß die Pflanzen deshalb einen Unterschied in der Entwicklung zeigten, weil die organischen Substanzen und biogenen Elemente wie Stickstoff, Phosphor, Schwefel, Kalium, Kalzium, Magnesium usw. in verschieden großen Mengen vorhanden waren. Die chemische Analyse der Böden ergab aber keine erheblichen Differenzen in dem Gehalt an Stickstoff und organischen Substanzen. Der aus Plänerkalk entstandene Boden war z. B. sehr reich an Kalzium, der Basaltboden verhältnismäßig ärmer an diesem biogenen Elemente. Dagegen war der Magnesiumgehalt in beiden Bodenarten annähernd gleich. Im Basaltboden sind die Quantitäten von Kalium und Phosphor größer als im Plänerkalkboden. Wie schon oben erwähnt, wurden diese Differenzen jedoch durch Zugabe von Kaliumphosphat zum Plänerkalkboden ausgeglichen, während dem Basaltboden ein dem Kalkgehalt des Plänerkalkbodens entsprechendes Quantum Kalziumkarbonat zugesetzt wurde. Die Wasserstoffjonenkonzentration betrug dann in beiden Böden $p_H = 6{,}68$. Der physiologische Effekt ist demnach nur durch die Wirkung des Radiums zu erklären.

Stoklasa machte weiter Versuche, um den Einfluß der natürlichen Radioaktivität unserer Mineralien, Gesteine und Bodenarten auf die physiologischen Prozesse des Pflanzenorganismus, und zwar besonders auf die Keimung der Samen zu erforschen.

Durch die Versuche erhellt, daß ein ganz gewisser Zusammenhang zwischen der Wirkung der Radiumemanation und der Sauerstoffkonzentration besteht. Ist die Zirkulation von Sauerstoff nicht genügend, so schädigt die Radiumemanation den ganzen Keimprozeß. Der Keimungsprozeß verläuft jedoch ganz normal, wenn größere Mengen von Sauerstoff zur Verfügung sind. Ja, bei großen Sauerstoffkonzentrationen hat die Keimfähigkeit durch die Radiumemanation sogar eine Förderung erfahren. Dieses Phänomen kann als Richtschnur dienen für alle Beobachtungen über die Wirkung der Radiumemanation auf den pflanzlichen und tierischen Organismus.

Es kann eine schwache Emanation bei ungeeigneten Verhältnissen zwischen Radiumemanation und Sauerstoff schon toxische Wirkungen nach sich ziehen. Umgekehrt jedoch bei reichlicher Sauerstoffzufuhr kann sogar eine starke Radiumemanation ohne schädliche Wirkung auf den gesamten Stoffwechsel der chlorophyllhaltigen und chlorophyllosen Zelle bleiben.

Jedoch ist die Mechanik der Radiumwirkung nich nur von dem Sauerstoffgehalt der Atmosphäre abhängig, sondern auch die Intensität der Insolation spielt eine große Rolle. Im Winter ist die Radiumwirkung eine ganz andere als im Sommer.

Wie steht es nun mit der Radioaktivität solcher auf radiumhaltigem Boden wachsender Pflanzen? Im Zellsafte von Pflanzen, die auf verschiedenen Halden von Joachimsthal vegetieren, wurde stets eine Radioaktivität nachgewiesen. Stoklasa fand pro 1 l Zellsaft durchschnittlich $25—30 \cdot 10^{-12}$ g Ra. Manchmal ist die Radioaktivität dort so stark, daß die Pflanzen an gewissen Stellen nicht existieren können. So sterben z. B. die Wurzeln der Waldbäume ab, was auch Dautwitz bereits in seinen Studien in Joachimsthal konstatierte.

Hier möchte ich auch erwähnen, daß bei einigen organischen Verbindungen, besonders bei den Lipoiden (z. B. Lezithine und Phosphatide) radioaktive Emanationen festgestellt wurden, wenn sie vorher der Strahlenemanation ausgesetzt waren. Sie erhalten also hierdurch die Fähigkeit, selbst Strahlen auszusenden. Da die Lipoide nun in allen Lebewesen stark verbreitet sind, so besteht die Möglichkeit, daß sie die radioaktiven Eigenschaften von der Sonne erhalten und dann zur Reaktion der Synthese und Spaltung im lebenden Organismus weiterverwenden.

Zum Abschluß dieses Kapitels möchte ich auch noch von den Pflanzenversuchen der Forscher Dr. E. Jenny, A. Oehler und Dr. H. Stauffer sprechen, deren Tierversuche weiter oben schon erwähnt wurden. Die Versuche wurden ebenfalls in Suhr bei Aarau auf den oben beschriebenen „Reizstreifen" bzw. dem von Erdstrahlen freien Gebiete durchgeführt. Dabei ließ sich bei einer großen Anzahl von Versuchspflanzen, besonders bei folgenden Arten, eine Beeinflussung durch die Erdstrahlen feststellen.

1. Gurken zeigten 3 Jahre hintereinander auf verschiedenen Reizstreifen ein um ca. 14 Tage verfrühtes Absterben gegenüber Gurken auf nichtbestrahlten Stellen.

2. Sellerie zeigte über bestrahlten Stellen geringeres Wachstum und kleineres Knollengewicht.

3. Auch beim Mais war das Durchschnittsgewicht der Kolben über dem Reizstreifen geringer als im „unbestrahlten" Kontrollgebiet.

Daß also die Radioaktivität der Mineralien, Gesteine, Böden und des Wassers auf den ganzen Bau und Betriebsstoffwechsel der Pflan-

zen einen großen Einfluß ausübt, geht aus all' diesen Betrachtungen deutlich hervor. In der Radioaktivität haben wir also einen Vegetationsfaktor, der bei der Entwicklung der Pflanzen in der Natur genau zu beachten ist und den man bei physiologischen Forschungen auf keinen Fall übersehen darf.

## Einfluß der Wasserradioaktivität auf das biologische Geschehen.

### Einfluß auf Tiere und Menschen.

Im folgenden soll nun auch noch über den Einfluß der Radioaktivität der Wässer auf das biologische Geschehen die Rede sein. Hier ist es leider sehr schwer, wie in den vorigen Kapiteln den Einfluß der Wasserradioaktivität auf Tier und Pflanze genau zu trennen, da gerade die im Wasser lebenden ein- und mehrzelligen niederen Lebewesen sowohl von den Zoologen wie von den Botanikern für sich in Anspruch genommen werden. Ich will, da dies ja auch für diese Abhandlung völlig nebensächlich ist, all diese niederen Lebewesen bei den Tieren aufzählen.

Das Leben sowie die ganzen Kraft- und Stoffwechselprozesse der Organismen, die in den radioaktiven Wässern vegetieren, sind von der Stärke der Radioaktivität und vom Sauerstoffgehalte der Wässer abhängig. Stoklasa untersuchte Grundwässer die, pro 1 l 0,3—4,5 ccm Sauerstoff enthielten. Die Dunkelheit beeinflußt natürlich die Organismenwelt der Grundwässer ebenfalls in bedeutendem Maße. Der Aufbau neuer lebender Masse in der grünen Zelle wird bekanntlich durch die Dynamik der photosynthetischen Assimilation des Kohlendioxydes und durch die Mechanik der Aufnahme der mineralischen Bestandteile aus dem Nährboden hervorgerufen. Für die anderen chlorophyllosen Organismen dient wiederum die grüne Zelle als Nahrung, da sie ja die für alle anderen Lebewesen nötigen organischen Stoffe aufbaut. Demnach ist sie die Urnahrung für alles Leben. Fehlt im Grundwasser die grüne Zelle, so müssen die Grundwassertiere von einer wo anders herstammenden organischen Substanz leben. Es stellt also das Grundwasser in ernährungsbiologischer Beziehung keinen selbständigen, sondern einen abhängigen Lebensbezirk dar.

An Orten, wo die Grundwässer verhältnismäßig stärker radioaktiv sind, entwickeln sich Höhlenalgen, Gloeocapsaarten, Protococcus viridis, Collema rupestre, die erstaunlich genügsam sind in ihrem Luftbedürfnis. In radioaktivem Gestein zeigen die Sickerwasserstreifen an den Höhlenwänden schwärzliche Überzüge von Algen und Flechten. Die Entwicklung der Fauna ist von den Temperaturverhältnissen abhängig. In den Grundwässern haben nun diese beiden biologischen Wachstumsfaktoren — Temperatur und Dunkel-

heit — eine spezielle Fauna bewirkt, die in den radioaktiven Grundwässern besonders stark entwickelt ist. So sind charakteristische Typen der Grundwasserfauna der Flohkrebs (Cammarus pulex) und die Planaria.

Bereits die Quellen sind reich an Sauerstoff. Nach Untersuchungen Stoklasas enthalten sie pro 1 l 4—18 ccm Sauerstoff. Quellen, die **verhältnismäßig stärker radioaktiv sind,** sind reich an Bakterien und Algen, besonders wird durch die Radioaktivität die Entwicklung der Eisenbakterien gefördert. In den radioaktiven Quellen finden wir sehr zahlreiche Vertreter von Chlamydathrix, Clonothrix, Gladothrix und Crenothrix, außerdem Spirosoma ferrugineum, Nodofolium ferrugineum, Septothrix Meyeri, Spirophyllum tenue, Spirophyllum ferrugineum, Spirosoma solenoide, Siderocapsa Treubii, Siderocapsa maior. In den radioaktiven Wässern entwickeln sich die typischen Quellwassertiere sehr intensiv.

Wie steht es nun mit den fließenden Gewässern? Hier spielt neben dem Wasserstoffgehalte die Strömung, die als ökologischer Faktor betrachtet werden muß, eine große Rolle. Merklich unterstützt die Radioaktivität der fließenden Gewässer die Entwicklung der Forelle.

Die Binnengewässer stellen natürlich mehr noch als die fließenden Gewässer räumlich getrennte Biotope dar. Ein See, ein Teich, ein Sumpf, ein Tümpel sind rings von Land umgeben wie eine Insel vom Meere. Überaus verschieden sind an diesen isolierten Lebensstätten die Lebensbedingungen. Bei den stehenden Gewässern spielt demnach die Radioaktivität auch eine ungemein große Rolle. Wo dieselbe in einer Stärke von 1—2 ME = 3,64—2,28 Eman vorhanden ist, können wir eine reiche Entwicklung der Fauna konstatieren. Sauerstoff und freie Kohlensäure sind im Seewasser gleichsam Antipoden. Durch den Assimilationsprozeß der Planktonpflanzen wird im Epilimnion Sauerstoff produziert und Kohlenstoff assimiliert. Hier läßt sich der Kohlensäurevorrat des Wassers durch Aufnahme von Kohlendioxyd aus der Luft ergänzen. Im Hypolimnion, evtl. schon im Metalimnion wird durch Fäulnis Sauerstoff verbraucht und Kohlendioxyd erzeugt. Methan entwickelt sich ebenfalls während des Sommers in manchen Seen. Dies übt selbstverständlich einen schädigenden Einfluß auf die Entwicklung der Fauna aus. Ebenso steht es mit dem Schwefelwasserstoff, der durch Eiweißfäulnis und durch Reduktion von Sulfaten entsteht. Die Radioaktivität des Seewassers hat einen großen Einfluß auf die Entwicklung von Chara, Oedogonium, Scirpus, Phragmites und Glyceria. Sind die Wässer stärker radioaktiv, so findet man gewöhnlich einen sehr stark entwickelten Scirpus- und Phragmitesgürtel. Außerdem unterstützt die Radioaktivität auch sehr das Wachstum von Elodea, Polygonum amphibium und besonders von Potamogeton.

Wenn Humusseen und -teiche radioaktiv sind, wie dies z. B. im Erzgebirge der Fall ist, so finden wir dort eine sehr gute Entwicklung von Chroococcus, Mikrocystis, Clathrozystis, Oscillaria, Sparganium, Potamogeton, Phragmites, Scirpus, Carex-Equisetum-Arten, Menyantes und Nymphäaarten. An den Ufern gedeihen reichlich Calipogeia. Überhaupt wird die charakteristische See- und Teichfauna durch die Radioaktivität in ihrem Wachstum bedeutend gefördert. Von größter Wichtigkeit ist als biologischer Faktor die Reaktion des Wassers. Besonders in den stehenden Gewässern hat die Wasserstoffjonenkonzentration des Wassers auf das Leben darin einen großen Einfluß. Von der Reaktion des Wassers sind die gesamten Kraft- und Stoffwechselprozesse der Organismen und die Entwicklung und Verbreitung der Flora und Fauna zum großen Teil abhängig. Wenn die Wasserstoffjonenkonzentration des Wassers auf $p_H$ = 3—4,0 steigt, so finden wir im gesamten Wachstum der Flora und Fauna eine Depression. Wenn die Azidität durch die zufließenden Fabrikwässer und nicht durch eigene biochemische Vorgänge des Wassers entsteht, so gilt dies natürlich nicht. Eine hohe Wasserstoffjonenkonzentration des Wassers findet sich hauptsächlich in solchen Seen und Teichen, deren Umgebung reich an Pyriten ist, bei denen sich durch die Oxydation Schwefelsäure bildet. So ist dies z. B. in Franzensbad, Soos, Marienbad usw. der Fall. Durch Anhäufung von organischen Säuren, die wie Humussäure und Huminsäuren durch den Abbau der Pflanzenbestandteile (Zellulose, Pentosane, Lignine, Harze) entstehen, wird selten eine so hohe Wasserstoffjonenkonzentration hervorgerufen, daß die Organismen nicht bestehen könnten.

Daß nun trotzdem in Wässern, wie z. B. in der Nähe von Franzensbad eine reiche niedrige Fauna vorgefunden wird, kommt daher, daß die Radioaktivität des Wassers in den Organismen eine große Widerstandsfähigkeit hervorruft, die sogar dem Gehalt dieser Wässer an Schwefelsäure standhält.

Im allgemeinen besitzt die Fauna den größten Artenreichtum in mäßig sauren, radioaktiven Wässern, bei welchen die Wasserstoffjonenkonzentration $p_H$ = 6,2—6,8 und die Radioaktivität mindestens 2,6 ME = 9,464 Eman beträgt und die wenigsten 4 cm Sauerstoff pro 1 l enthalten.

Die radioaktiven Thermalwässer mit besonderem Chemismus sowie überhaupt ale radioaktiven Gewässer beeinflussen die gesamten Kraft- und Stoffwechselprozesse im pflanzlichen, tierischen und menschlichen Organismus auf das stärkste.

Wilhelm stellte in den Thermalwässern der Slowakei, besonders in den von Pieštany biologische Untersuchungen an. Dabei stellte er fest, daß in diesen Wässern, die eine Radioaktivität von 50 ME aufweisen und deren Temperatur 39—40° C beträgt, die Bacillariacei

sehr stark entwickelt sind. Außerdem fand er Überzüge von Oscillatorio amphibia.

Annabaena thermalis fand er in großer Menge in den Wässern von Teplitz (Slowakei), die 30 ME enthalten und eine Temperatur von 52° C haben. Interessant ist, daß die Flora und Fauna der Thermalwässer bloß in radioaktiven Wässern in großem Ausmaße entwickelt ist.

Ähnliche Versuche machten auch Curie und Laborde. Nach ihren epochemachenden Entdeckungen hat eine große Reihe Forscher, wie Bamberger, Mache und Mayer, Lazarus, Engler und Siereking, V. Sury, Himstedt, Sommer, Tuma und Schiffner bei zahlreichen Untersuchungen festgestellt, daß alle Quellen, auch die sog. indifferenten mehr oder weniger Radiumemanation enthalten. Aus diesem Grunde liegt die Vermutung nahe, daß die Heilwirkung der Quellen zum Teil durch diesen Emanationsgehalt bewirkt wird. Diese Annahme wird besonders gestützt durch die Tatsache, daß die übrigen Bestandteile und Eigenschaften solcher indifferenter Wässer die Heilwirkung nicht erklären können. Da die Radiumemanation schon in wenigen Wochen praktisch vollständig zerfallen ist, würde sich durch diese Annahme die vielfach behauptete Tatsache erklären, daß zum Versand kommendes Wasser nicht die Heilkraft des an der Quelle gebrauchten hat.

Wie Stoklasa bei seinen Versuchen festgestellt hat, wirkt die Emanation der Bodenluft, die in den Gruben- und Mineralwässern aufgelöst ist, bedeutend günstiger als die aus Radiumchlorid hergestellte Emanation. Das radioaktive Gas, d. h. die Emanation, die sich aus Radium entwickelt hat, ist nicht identisch mit den in den Wässern aufgelösten radioaktiven Gasen. Daß neben Radiumemanation (Niton) auch die von Thorium und Aktinium abgegebenen Gase in ganz kleinen Quantitäten in der Bodenluft und in den oben genannten Mineralwässern enthalten sind, ist nicht ausgeschlossen. Selbstverständlich spielt auch die induzierte Aktivität, die aus der Radiumemanation entsteht und einen aktiven Niederschlag bildet, eine gewisse Rolle.

Neben anderen günstigen physiologischen Wirkungen der Radiumemanation wurde auch eine durch dieselbe bewirkte Förderung der Spermatogenese und Ovulation beobachtet.

Tiere, die in radioaktiven Wässern leben, enthalten selbst eine merkliche Radioaktivität. So wurden von Stoklasa verschiedene kleine Fische, die in den radioaktiven Wässern von Joachimsthal, Brambach und Zinnwald leben, untersucht und dabei stellte er fest, daß ihr Zellsaft $4{,}3 \cdot 10^{-12}$ g Ra enthält.

Nimmt der Mensch Radium in verhältnismäßig größerer Menge zu sich, so verliert es seine sonst so günstige Wirkung und bedroht stärkstens den gesamten Organismus. Ein Beispiel hierfür nennen uns

Gettler und Noris, die von einem 52jährigen Mann berichten, der 5 Jahre lang radiumhaltiges Wasser (2 g radioaktive Substanz in 60 ccm) trank. Er erkrankte mit starker Abmagerung, ausgedehnter Kiefernekrose und Hirnabszeß. Die Sektion ergab schwere Anämie und rotes Knochenmark. Photographisch und elektroskopisch wurden im Gesamtskelett 73 g, in den Weichteilen 0,3 g radioaktive Substanz festgestellt.

Von einem ähnlichen Fall wird in „Strahlentherapie Bd. 48, 1933" berichtet, wonach in New York Mac Burney Byers, nachdem er 1400 Flaschen eines radiumhaltigen Wassers als Tonikum im Laufe von 2 Jahren getrunken hatte, mit ebendenselben Erscheinungen erkrankte und daran starb. Die Untersuchung seiner Leiche ergab das Vorhandensein von 36tausendstel Milligramm Radium.

Zum Schlusse sei noch berichtet, was W. Sandholzer-Prag über die Permeabilität der Haut für Radiumemanation in seinen Arbeiten feststellte. Danach ergab sich, daß die Blutaktivität bei den Besuchern radioaktiver Bäder mit einer einfachen Meßmethode gemessen (die einzelnen Blutproben betrugen je 40 ccm), eine Existenz der Permeabilität der Haut für Radiumemanation erkennen ließ. Mit Rücksicht auf die Aktivität des Wassers konnte Sandholzer feststellen, daß in das Blut 1,1 bis 1,4% Emanation übergehen.

### *Einfluß der Pflanzen*

Daß die Radioaktivität des Wasser nicht nur auf die Wasserfauna, sondern auch auf dessen Flora einen bedeutenden Einfluß ausübt, habe ich zum Teil bereits im vorhergehenden Kapitel aufgezeigt, da ich der Übersichtlichkeit halber, wie schon erwähnt, die „pflanzlichtierischen" Mikroorganismen zu den Tieren rechnete. Trotzdem will ich hier noch speziell vom Einfluß der Wasserradioaktivität auf gewisse Pflanzen berichten.

Bei Soos, das ist in der Umgebung von Franzensbad, kommen radioaktive Moorteiche vor. Dort enthalten die Sedimente, welche sich in der Rhizosphäre der in denselben gedeihenden Pflanzen vorfinden, pro 1 g $8{,}4 \cdot 10^{-12}$ g Radium. In den Wässeun dieser Moorlager konnten pro 1000 g festgestellt werden:

| | |
|---|---|
| $Al^{\cdot\cdot\cdot}$ — 0,086 g | $Ca^{\cdot\cdot}$ — 0,124 g |
| $Fe^{\cdot\cdot}$ — 0,145 g | $Mg^{\cdot\cdot}$ — 0,168 g |

$SO'_4$ — 1,056 g

Trotzdem diese Wässer also freie Schwefelsäure enthalten, entwickelt sich dennoch eine Vegetation in denselben. Wir finden dort neben Sphagnum folgende Pflanzen: Holcus lanatus, Matricaria inodora, Agrostis alba, Phragmites communis, Juncus effusus, Jucuslam

procarpus Achillea millefolium, Erigeron canadensis, Crepis rhoeavifolia, Agropyrum repens, Artemisia campestris, Sedum telephium, Agrotis vulgaris, Allyssum saxatile, Juncus conclomeratus, Rumex acetosella.

Die Existenzmöglichkeit dieser Pflanzen in dem freie Schwefelsäure enthaltenden Wasser ist, wie oben schon erwähnt, dadurch gegeben, daß durch die Radioaktivität des Wassers sowie durch die in der Rhizosphäre enthaltenen radioaktiven Sedimente in der Pflanze eine große Resistenz hervorgerufen wird.

Bei Lobositz im Mittelgebirge finden wir radioaktive Teiche mit einem Gehalt von 2—4 ME und einer Wasserstoffjonenkonzentration von pH = 12—13. In diesem Wasser, das schwach alkalisch ist, entwickelten sich sehr gut die Potamogetonarten, insbesondere luceus und perfoliatus, Polygonum und Batrachium. Auch finden wir große Mengen von Nymphaea, Scirpus- und Phragmiteswäldern und zahlreiche Equisetumarten.

Die sich in diesen Lobositzer Teichen entwickelnden Pflanzen, die von Stoklasa untersucht wurden, enthalten trotz der Alkalität des Wassers im Wurzelsystem sowie in den oberirdischen Teilen eine Wasserstoffjonenkonzentration von pH = 6—7

Natürlich sind alle Pflanzen, welche in der Natur mit radioaktivem Wasser in Berührung kommen oder sich gar in radioaktivem Wasser entwickeln, selbst radioaktiv. In der Brambacher, Franzensbader und Zimmerwalder Gegend, wo die Bachwässer, Teiche und Quellen 6—10 ME Ra Em pro 1 Liter enthalten, ist dies am deutlichsten. Bei allen Wasserpflanzen, die sich in diesen Wässern entwickeln, kann stets Radioaktivität nachgewiesen werden.

Nach Betrachtung aller oben angeführten Studien und Versuche, die von den Forschern laut ihrer eigenen Aufzeichnungen mit peinlichster Genauigkeit durchgeführt wurden, steht es wohl außer jedem Zweifel, daß die Luft- und Bodenradioaktivität da, wo sie wirklich vorhanden ist. einen gewaltigen Einfluß auf das biologische Geschehen hat. Ist es möglich, der großen Karzinomentstehungsfrage mit Hilfe dieser Radioaktivität etwas näher zu kommen? Die bisher gemachten Versuche sind bestimmt viel zu wenig, um hier in dieser für die Menschheit so bedeutungsvollen Frage irgend ein Urteil fällen zu können. Allerdings haben wir von Jenny, Oehler und Stauffer eben Interessantes über die Verschlimmerung des Mäusehautkarzinoms durch Bodenradioaktivität gehört; ein neues Karzinom konnten jedoch auch sie nicht erzielen. Außerdem ist natürlich, wie anderswo, so auch hier, der Menschenversuch ziemlich unmöglich.

Ein Urteil glaube ich aber trotzdem auf Grund meiner, dank der vorhandenen Werke der Luft- und Bodenradioaktivitätsforscher gesammelten Erfahrung, fällen zu können. Die Luft- und Bodenradioaktivität übt da, wo sie überhaupt vorhanden bzw. in etwas stär-

kerem Maße vorhanden ist, auf die Pflanzenwelt einen meist günstigen Einfluß aus. Die Tierwelt dagegen wird von der Luft und Bodenradioaktivität in der Hauptsache ungünstig betroffen. Ausgenommen sind hier natürlich die radioaktiven Wässer, deren Heilkraft für die verschiedensten Arten von menschlichen Krankheiten längst erwiesen ist.

Es sei mir gestattet, Herrn Professor Dr. Fr. Voltz für die Überlassung der Arbeit, für die freundliche Unterstützung bei der Abfassung derselben und Herrn Prof. Dr. Eymer für die Übernahme des Referats meinen ergebensten Dank zum Ausdruck zu bringen.

# Literaturverzeichnis.


Olpp: Ein Wünschelrutenfähiger aus Ostafrika.

Volz: Radiosensibilität; Münchener Medizinische Wochenschrift 1922.

v. Heresy u. Paneth: Lehrbuch der Radioaktivität.

Palazzo-Rom: Bericht über luftelektrische Untersuchungen.

St. Meyer u. Schneider: Radioaktivität.

A. Gockel: Die Radioaktivität von Boden u. Quellen; Sammlung Vieweg, Braunschweig 1914.

Die Medizinische Welt 1928, Nr. 18 u. 35: Die Tragödie der Radiumbergleute.

G. Schorer-Bern: Über die Einwirkung der Luftelektrizität auf gesunde und kranke Menschen und über Versuche künstlicher Jonisation der Luft; Schweizerische medizinische Wochenschrift Nr. 18, 1931.

C. Dorno-Davos: Physiologische Wirkungen der Luftelektrizität; Strahlentherapie Bd. 42, Heft 1, 1931.

Medizinische Klinik, Heft 1, 1931: Die Blutveränderungen der Radiumarbeiter Joachimsthals.

Ursula Sarter: Einfluß der Bodenfeuchtigkeit auf die Krebsentstehung; Monatsschrift für Geburtshilfe u. Gynäkologie 1932/34.

Happel: Bedeutung der Luftjonen.

O. Muck: Experimenteller Nachweis des Wirkens von radioaktiven Körpern auf die Blutgefäßinnervation; Münchener medizinische Wochenschrift 1932.

E. Leschke: Vergiftungen mit Radiumtrinkkuren; Münchener medizinische Wochenschrift 1932.

Dr. W. Friedrich-Berlin: Gibt es schädliche Erdstrahlen? Münchener medizinische Wochenschrift 1935.

Ed. Jenny: A. Oehler und H. Stauffer-Aarau: Experimentelle Untersuchungen über biologische Wirkungen der sogenannten „Erdstrahlen"; Schweizerische medizinische Wochenschrift 1935/39 u. 40.

C. Fervers-Bonn: Experimentelle Untersuchungen über die psychophysische Beeinflussung durch jonisierte Luft.

E. Marx: Handbuch der Radiologie, 1. Teil.

Julius Stoklasa und Dr. Penkara: Biologie des Radium und der radioaktiven Elemente; Handbuch der gesamten Strahlenheilkunde.

## Lebenslauf.

Geboren wurde ich, Rolf Scheibeck, als Sohn des Studienrates Dr. Ludwig Scheibeck und seiner Ehefrau Maria in München am 14. Februar 1912. Dortselbst besuchte ich 4 Jahre die Volksschule und anschließend das humanistische Gymnasium, das ich Ostern 1932 mit dem Zeugnis der Reife verließ. Ich widmete mich anschließend dem medizinischen Studium. Nach 6 vorklinischen Semestern legte ich das Physikum ab und nach weiteren 5 Semestern im Herbst 1937 die ärztliche Prüfung.